

# 现代仓储物流

技术与装备 第二版

张晓川 编著



化学工业出版社

# 现代仓储物流

技术与装备 第二版

张晓川 编著



化学工业出版社

· 北京 ·

本书共分十一章,内容包括仓库与仓储物流规划、仓储货物的集装单元化技术、通用仓储机械、输送系统的分合流节点及通过率、货架、分拣系统与设备、有轨巷道式堆垛机、自动仓储控制系统、高架仓库、仓储管理的信息技术以及仓储系统设计实例。

本书面向现代物流系统设计、控制与实现,参考了国外现代物流技术与装备的最新成果,有理论有实例,内容新颖,可以作为仓储管理和技术人员进行仓储系统设计和设备选型时的参考书,也可作为高等学校相关专业的教材。

#### 图书在版编目(CIP)数据

现代仓储物流技术与装备/张晓川编著. —2版.  
北京:化学工业出版社,2013.5  
ISBN 978-7-122-16695-1

I. ①现… II. ①张… III. ①仓库管理-物资管理  
IV. ①F253.4

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第048879号

---

责任编辑:董琳

装帧设计:杨北

责任校对:宋玮

---

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印装:三河市延风印装厂

850mm×1168mm 1/32 印张13¼ 字数355千字

2013年7月北京第2版第1次印刷

---

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

---

定 价:45.00元

版权所有 违者必究

## 第二版前言

伴随着互联网及电子商务的快速发展,仓库的功能已由传统的保管型向流通型转变,即由贮存、保管货物的中心向流通、销售的中心转变。伴随着以上功能的改变,导致了仓库对信息传递的要求。在处理仓储活动有关的各项事务时,需要依靠计算机和互联网,通过电子数据交换(EDI)和条形码识别等技术来提高仓储物品信息的传输速度,及时而又准确地了解仓储信息,如仓库利用水平、进出库的频率、仓库的运输情况、顾客的需求以及仓库人员的配置等。因此,需要引入计算机、自动控制技术和人工智能等高新技术实现对仓储物流技术的改造。

物流技术一般是指运用动态的管理方法,通过现代化的机械设备和信息系统,完成物流作业的全部技术,如装卸搬运技术、物品包装技术、配送技术、物品标识技术、物品实时跟踪技术等,涉及的学科有管理学、计算机科学与技术、机械工程、电器工程与自动化、经济学等。从事仓储现代化的物流技术人才应是能系统地了解和掌握这些学科知识又能将其应用于仓储物流实践的复合型的专业人才,有了这样一批人才才能推动我国现代物流高速发展。

随着我国经济的持续快速发展,物流自动化技术的完善和物流装备价格相对降低,仓储自动化必将成为我国物流技术发展的一个重要方面。实现仓储自动化可节约用地、减轻劳动强度、消除差错、提高仓储管理水平、提高管理和操作人员素质,具有降低储运损耗、减少流动资金的积压、提高对市场的快速反应能力、提高物流效率等诸多优点。与计算机管理信息系统联网以及与生产线紧密相连的自动化立体仓库也是当今计算机集成制造系统及柔性制造系统中必不可少的关键环节。用精细物流支撑精细制造、精细加工、柔性生产,配合支撑、改造、提升传统生产线,从而提高精细化、

柔性化、信息化程度，缩短物流流程，可达到降低物料损耗，减少占地面积，降低建设投资等效果。因此，物流技术的发展对国民经济的健康成长起着至关重要的作用。

本书的出版是为了适应现代物流技术人才培养的需要。自本书的第一版出版以来，围绕仓储自动化，国内涌现出多种自动化的硬件设备及软件产品，如：不同类型的库存管理软件、系统仿真软件、图形监控及调度软件、堆垛机输送机控制软件、条形码识别跟踪系统、搬运机器人、码垛机械手、AGV 小车、货物分拣系统、堆垛机认址检测系统、堆垛机控制系统、货位探测器、高度检测器、输送系统、码垛系统、高速轨道小车等产品。这些新技术的出现对本书的内容更新提出了要求。

本书的第一版出版后，得到了读者的厚爱，同时又给编著者们提出了更高要求。在第二版的出版整理过程中，为能及时反映当代物流技术的发展水平，我们邀请到了德马集团现代物流技术研究院、沈阳新松机器人自动化有限公司的专家参加编写。在编写过程中，我们随时都在提醒自己，要努力发掘出仓储物流技术的科学问题，为读者的专业能力形成提供一些系统的帮助。为此，再版时修订了第一版中的错误；结合多年的教学实践，突出了重点，理顺了各章之间的联系；删除了原版中无关紧要的内容；重点在仓储作业设备的选用、仓储作业系统的设计和集成、创新思路的培养及最新发展动态的介绍等方面进行了补充。

本书的第二版由武汉理工大学张晓川教授编著，其中第二章由连云港远港物流有限公司嵇月影高工编写；第六章由德马集团现代物流技术研究院马贤祥高工编写；第八章由武汉理工大学物流工程学院朱宏辉教授编写；第十章由武汉理工大学张仪清老师编写。

物流的发展需要各学科的努力，如果本书的出版能给大家提供一些思考的空间，将是编著者的最大愿望。

编著者

2013 年 1 月

# 第一版前言

现代物流系统是集物流、信息流和价值流合一的离散、随机和并发的复杂系统，其功能实现需要物流技术、信息技术和管理科学的支持，并总处于一个不断完善和不断优化的过程之中。

不管出于何种理由，只要货物被储存，就要占用资金、占用空间、占用时间，也即要产生费用。仓库的经济效益和社会效益取决于仓库能否在规定的时间内、在规定的地点，将合适的商品，以确定的数量和合理的价格，交给顾客（广义）。

要实现以上目标，必须按照物流系统功能实现，集成物流技术、信息技术和物流管理使仓库成为机、电、信息和管理的一体化的集成系统。本书根据系统集成和系统优化的观点，从现代仓储功能的实现出发，围绕仓库内部物流，重点介绍了货物的集装单元化技术、仓储搬运、物料输送、分拣、系统控制和信息管理等仓储物流技术、系统构成及密集化存储的基本原理与方法。

本书面向现代物流系统的设计、控制与实现，参考了国外现代物流技术与装备的最新成果，有理论有实例，内容新颖，可以作为仓储管理和技术人员进行仓储系统设计和设备选型时的参考书，也可作为高等院校相关专业的教材。

本书由武汉理工大学张晓川教授编著，其中第六章、第七章由朱宏辉副教授编写；第九章由张予川教授编写。

中国工程机械学会物流工程分会副理事长、武汉理工大学教授孙国正审阅了本书。

本书编著过程历经两年，其间得到了德国斯图加特大学副校长、交通运输技术与物流研究所所长 K. -H. 维京教授和他的同事们的大力帮助，为编著者在德期间的工作提供了良好的工作条件，为本书的写作提供了宝贵的参考资料；在本书的编写过程中，

武汉理工大学的同事许红、吴继红和研究生汪长飏为顺利完成此书，牺牲了很多宝贵的时间进行文字输入、插图扫描和勘误；本书的编写也引用了一些国内外专家学者的研究成果，在此一并表示诚挚的谢意。

由于我国的流通体制正处于阶段性的变革发展中，许多理论与方法还在摸索之中，加上新技术成果的不断涌现，本书在叙述中难免存在一些不足之处，恳请读者批评指正。

**编著者**

**2003年6月14日**

# 目 录

|                              |    |
|------------------------------|----|
| 第一章 仓库与仓储物流规划 .....          | 1  |
| 第一节 仓储概论 .....               | 1  |
| 一、仓库的功能 .....                | 4  |
| 二、仓库的分类 .....                | 7  |
| 三、仓库的主要性能参数 .....            | 8  |
| 四、配送中心与仓库 .....              | 9  |
| 五、仓储的战略决策 .....              | 12 |
| 第二节 仓库的基本组成 .....            | 14 |
| 一、入库子系统 .....                | 14 |
| 二、仓储子系统 .....                | 15 |
| 三、装卸搬运子系统 .....              | 17 |
| 四、出库子系统 .....                | 18 |
| 第三节 仓储物流规划原则 .....           | 18 |
| 一、仓储 ABC 分析 .....            | 18 |
| 二、仓储物流规划的原则 .....            | 21 |
| 第二章 仓储货物的集装单元化技术 .....       | 24 |
| 第一节 物流标准化 .....              | 24 |
| 一、物流标准化的基点 .....             | 24 |
| 二、物流标准化的重点 .....             | 25 |
| 三、物流模数与物流标准化方法 .....         | 25 |
| 第二节 包装与包装尺寸标准化 .....         | 26 |
| 一、包装尺寸标准 .....               | 26 |
| 二、包装单元与运输包装尺寸系列 .....        | 27 |
| 第三节 物流容器与物流容器标准化 .....       | 28 |
| 一、物流容器分类 .....               | 29 |
| 二、物流容器系列与托盘 .....            | 29 |
| 第四节 托盘 (Pallet) 与托盘标准化 ..... | 31 |

|                      |     |
|----------------------|-----|
| 一、托盘的规格尺寸 .....      | 31  |
| 二、托盘结构 .....         | 32  |
| 三、托盘的类型 .....        | 32  |
| 第五节 仓储货物的集装单元化 ..... | 37  |
| 一、仓储货物的集装单元化 .....   | 37  |
| 二、货物单元集装化设备 .....    | 38  |
| 三、无托盘的货物集装单元化 .....  | 41  |
| 四、托盘的共用体系 .....      | 43  |
| 第六节 集装箱 .....        | 43  |
| 一、概述 .....           | 43  |
| 二、分类 .....           | 46  |
| 三、集装箱的标志与识别 .....    | 49  |
| 四、集装箱的货物装载 .....     | 49  |
| 五、集装箱货物装载的辅助措施 ..... | 52  |
| 第三章 通用仓储机械 .....     | 54  |
| 第一节 仓储机械的选用 .....    | 54  |
| 一、仓储作业的工作特征 .....    | 54  |
| 二、仓储机械的选用原则 .....    | 54  |
| 三、仓储机械的基本参数 .....    | 55  |
| 第二节 搬运车辆 .....       | 56  |
| 一、手推车 .....          | 56  |
| 二、简易叉式搬运车 .....      | 57  |
| 三、牵引车 .....          | 57  |
| 四、电瓶搬运车 .....        | 58  |
| 五、叉车 .....           | 58  |
| 六、曳引小车 .....         | 70  |
| 七、轨道小车 .....         | 72  |
| 八、无人搬运车 .....        | 73  |
| 九、卫星小车 .....         | 85  |
| 第三节 单元负载式输送机 .....   | 87  |
| 一、重力式输送机 .....       | 88  |
| 二、动力式输送机 .....       | 91  |
| 第四节 垂直提升机械 .....     | 108 |

|                            |     |
|----------------------------|-----|
| 一、载货电梯 .....               | 108 |
| 二、液压升降平台 .....             | 109 |
| 三、板条式提升机 .....             | 110 |
| 第五节 仓储机械化系统评估的量化分析方法 ..... | 112 |
| 一、权重系数 .....               | 114 |
| 二、量化 .....                 | 114 |
| 三、加权量化评分 .....             | 116 |
| 第六节 仓储作业的工属具 .....         | 117 |
| 一、主动工属具 .....              | 117 |
| 二、单元货物装卸工属具 .....          | 119 |
| 三、叉车工属具 .....              | 119 |
| 第四章 输送系统的分、合流节点及通过率 .....  | 122 |
| 第一节 基本概念 .....             | 122 |
| 一、输送系统的基本元素 .....          | 122 |
| 二、通过率 .....                | 122 |
| 三、输送单元间隔时间 .....           | 125 |
| 第二节 分流节点及通过率 .....         | 127 |
| 一、分流节点的类型 .....            | 127 |
| 二、分流节点通过率 .....            | 128 |
| 第三节 合流节点及通过率 .....         | 135 |
| 一、合流节点的类型与通过率 .....        | 135 |
| 二、合流过程中的放行策略 .....         | 137 |
| 第四节 连接元素及通过率 .....         | 143 |
| 一、连续型的连接元素及通过率 .....       | 143 |
| 二、非连续型的连接元素及通过率 .....      | 144 |
| 第五章 货架 .....               | 146 |
| 第一节 货架系统概述 .....           | 146 |
| 一、货架的作用 .....              | 146 |
| 二、货架的分类 .....              | 146 |
| 三、影响货架选型的重要因素 .....        | 148 |
| 第二节 固定货架 .....             | 148 |
| 一、组合式货格货架 .....            | 148 |
| 二、重力式货架 .....              | 151 |

|                               |     |
|-------------------------------|-----|
| 三、贯通式货架 .....                 | 152 |
| 四、悬臂式货架 .....                 | 153 |
| 五、卫星小车式货架 .....               | 153 |
| 六、搁楼式货架 .....                 | 154 |
| 七、抽屉式货架 .....                 | 155 |
| 第三节 移动货架 .....                | 155 |
| 一、水平移动式货架 .....               | 155 |
| 二、自行式货架 .....                 | 157 |
| 第四节 回转货架 .....                | 158 |
| 一、垂直回转货架 .....                | 159 |
| 二、水平回转货架 .....                | 159 |
| 第五节 特殊货架 .....                | 160 |
| 一、自动货柜 .....                  | 160 |
| 二、24 小时塔 .....                | 161 |
| 三、高速巷道小车货架 .....              | 162 |
| 第六章 分拣系统与设备 .....             | 164 |
| 第一节 分拣作业 .....                | 164 |
| 一、分拣信息 .....                  | 164 |
| 二、分拣作业 .....                  | 166 |
| 三、分拣作业管理 .....                | 167 |
| 第二节 分拣方法及分拣技术 .....           | 173 |
| 一、基本的分拣方法 .....               | 173 |
| 二、分拣技术 .....                  | 177 |
| 第三节 分拣系统 .....                | 179 |
| 一、基于货架的分拣系统 .....             | 179 |
| 二、自动化分拣系统 .....               | 181 |
| 三、复合式分拣系统 .....               | 183 |
| 四、分拣指令的设定方式 .....             | 184 |
| 第四节 自动分拣设备 .....              | 187 |
| 一、常用自动分拣设备介绍 .....            | 187 |
| 二、分拣设备的性能比较 .....             | 195 |
| 三、分拣设备主要技术指标参数及选型注意事项 .....   | 196 |
| 第五节 日本 POLA 西物流中心分拣作业系统 ..... | 197 |

|                           |            |
|---------------------------|------------|
| 一、厂区布置 .....              | 198        |
| 二、分拣作业系统 .....            | 198        |
| 三、分拣策略 .....              | 199        |
| 四、物流设备概况 .....            | 200        |
| <b>第七章 有轨巷道式堆垛机 .....</b> | <b>201</b> |
| 第一节 概述 .....              | 201        |
| 一、堆垛机的发展 .....            | 201        |
| 二、有轨巷道式堆垛机的特点 .....       | 202        |
| 三、有轨巷道式堆垛机的类型 .....       | 205        |
| 四、有轨巷道式堆垛机的性能参数 .....     | 207        |
| 第二节 有轨巷道式堆垛机的基本组成 .....   | 209        |
| 一、升降机构 .....              | 209        |
| 二、运行机构 .....              | 211        |
| 三、载货台及取物装置 .....          | 211        |
| 四、机架 .....                | 215        |
| 第三节 安全保护装置与措施 .....       | 215        |
| 一、运行保护 .....              | 215        |
| 二、钢丝绳过载和松弛保护 .....        | 216        |
| 三、钢丝绳断绳保护 .....           | 216        |
| 四、下降超速保护 .....            | 216        |
| 五、其他保护装置和措施 .....         | 216        |
| 第四节 电气控制系统 .....          | 217        |
| 一、控制方式 .....              | 217        |
| 二、自动认址和定位 .....           | 218        |
| 三、电力拖动系统 .....            | 222        |
| 四、信息传输 .....              | 223        |
| <b>第八章 自动仓储控制系统 .....</b> | <b>225</b> |
| 第一节 概述 .....              | 225        |
| 一、自动仓储控制系统的主要任务 .....     | 225        |
| 二、仓储控制系统的基本组成 .....       | 225        |
| 三、常用仓储控制系统拓扑结构 .....      | 228        |
| 第二节 信息识别与检测技术 .....       | 234        |
| 一、信息识别的作用和意义 .....        | 234        |

|                            |     |
|----------------------------|-----|
| 二、信息识别方法 .....             | 235 |
| 三、常用检测与识别元件 .....          | 238 |
| 四、信息融合技术 .....             | 246 |
| 第三节 仓储控制算法与程序 .....        | 251 |
| 一、入库/出库控制 .....            | 251 |
| 二、物料搬运控制与路径规划 .....        | 253 |
| 三、货位分配控制 .....             | 255 |
| 第四节 仓储控制系统实例 .....         | 257 |
| 一、邮包自动化立体仓库控制系统设计 .....    | 257 |
| 二、海尔国际自动化物流中心控制系统设计 .....  | 263 |
| <b>第九章 高架仓库</b> .....      | 267 |
| 第一节 高架仓库概述 .....           | 267 |
| 一、高架仓库的类型 .....            | 267 |
| 二、高架仓库的构成 .....            | 269 |
| 三、高架仓库的优缺点 .....           | 272 |
| 第二节 储货能力优化与存取作业周期 .....    | 273 |
| 一、储位平均充填系数 .....           | 273 |
| 二、货位建筑面积与储位深度 .....        | 277 |
| 三、储位储货能力优化 .....           | 278 |
| 四、堆垛机的存取作业周期 .....         | 280 |
| 第三节 高架仓库的总体设计 .....        | 289 |
| 一、总体设计的主要内容 .....          | 292 |
| 二、高架仓库的总体布置 .....          | 293 |
| 三、货架总体尺寸设计 .....           | 298 |
| 四、出入库月台装卸系统和设备 .....       | 303 |
| 五、仓库的防火措施 .....            | 306 |
| 六、高架仓库的技术经济分析 .....        | 308 |
| 七、仓库设计的系统仿真 .....          | 315 |
| <b>第十章 仓储管理的信息技术</b> ..... | 328 |
| 第一节 信息管理系统的的基本功能 .....     | 328 |
| 一、货物的识别和跟踪 .....           | 328 |
| 二、出入库作业的信息管理 .....         | 329 |
| 三、库存信息管理 .....             | 329 |

|                                                        |     |
|--------------------------------------------------------|-----|
| 四、绩效管理 .....                                           | 330 |
| 第二节 信息管理系统的结构 .....                                    | 330 |
| 一、集中式的信息管理系统 .....                                     | 330 |
| 二、分布式的信息管理系统 .....                                     | 331 |
| 三、混合式的信息管理系统 .....                                     | 331 |
| 第三节 仓储资源的编码方法 .....                                    | 331 |
| 一、货位的编码方法 .....                                        | 332 |
| 二、仓储货物的编码原则与方法 .....                                   | 333 |
| 三、托盘和容器的编码方法 .....                                     | 336 |
| 四、物流条码 .....                                           | 336 |
| 五、条码阅读器 .....                                          | 353 |
| 第四节 基于射频识别的信息技术 .....                                  | 358 |
| 一、射频识别系统 (Radio Frequency Identification System) ..... | 358 |
| 二、电子产品编码与 RFID .....                                   | 362 |
| 三、基于射频识别的仓储信息系统 .....                                  | 370 |
| 第十一章 仓储系统设计实例 .....                                    | 373 |
| 第一节 简易仓储系统设计 .....                                     | 373 |
| 一、设计条件 .....                                           | 373 |
| 二、仓储系统方案比较 .....                                       | 374 |
| 第二节 “人到货”方式分拣的仓库设计 .....                               | 381 |
| 一、设计条件 .....                                           | 381 |
| 二、设计计算 .....                                           | 381 |
| 三、设备选型 .....                                           | 382 |
| 四、仓库管理 .....                                           | 383 |
| 五、方案分析 .....                                           | 383 |
| 六、分拣人力设计 .....                                         | 384 |
| 第三节 药品配送中心设计 .....                                     | 385 |
| 一、设计条件 .....                                           | 385 |
| 二、设计要求 .....                                           | 385 |
| 三、配送中心布局和物流流线设计 .....                                  | 386 |
| 四、设计 .....                                             | 386 |
| 第四节 饮料仓库设计 .....                                       | 391 |
| 一、设计条件 .....                                           | 391 |

|                      |     |
|----------------------|-----|
| 二、仓储方案 .....         | 392 |
| 三、设计 .....           | 392 |
| 四、方案比较 .....         | 401 |
| 第五节 配送中心输送系统优化 ..... | 403 |
| 一、设计任务 .....         | 403 |
| 二、系统现状 .....         | 403 |
| 三、现状分析 .....         | 405 |
| 四、解决方案 .....         | 405 |
| 参考文献 .....           | 409 |

# 第一章 仓库与仓储物流规划

## 第一节 仓储概论

自从人类社会有了商品生产，就有了“物流”，就产生了“储存”的概念，随之出现了储存商品的建筑物或场所——仓库。仓库是物流过程中的一个空间和一块面积，是按计划用来保管货物（包括原材料、零部件、在制品和产成品等），并对其数量或价值进行登记，提供有关储存物品的信息以供管理决策所用的场所。

仓库的存在能使企业的供、产、销各环节相互解耦，从而减少需求预测误差的冲击，让每个环节得以独立工作，并在市场变化引起需求变动时，使库存资源得以有效利用。但库存的发生要占用资金，要发生库存维系费用，并且还存在着因库存积压而造成的损失风险。

早期的仓库作业都是通过人工操作来完成的，由于缺乏“物流”的理念指导，仓库往往被看作是完成市场营销过程所必需的一种贮存设施，是材料与产品供应线上的一个静止单位。人们没有注意到仓储活动在物流系统中的作业潜力，更没有根据顾客的需求对仓库的产品进行分类，忽视了仓库所具有的储存效率和搬运效率。尽管存在上述缺点，但早期的仓库毕竟在生产与消费之间架起了相互沟通的桥梁。

第二次世界大战以后，随着预测技术和生产技术的提高，广泛建立仓库的需要减少了，随着制造过程中延误时间的递减，生产也越来越容易调整，尽管季节性的生产仍然需要仓储，但支持制造过程所需的仓储总量已经减少。而销售环境的变化，又使得批发商必须储存愈来愈多的产品，导致仓库成了批发商向零售商提供适时而又经济的存货分类场所。这样，通过批发商和一体化的零售商的努

力, 仓储作业的工艺流程和技术水平得到很大的提高。与此同时, 与批发行业关联的仓储效率的提高, 很快又在制造行业中又得到推广, 使得仓储活动成为 JIT 和无储存生产战略的一个综合组成部分。在这个时期, 对那些经营日益庞大的企业来讲, 如何提高仓库的使用效率, 如何在多个地点进行原材料和产品的储存和配送, 如何降低仓库的存储水平和产品的运输成本, 已成为企业所经常考虑的问题。

在 20 世纪 60 年代到 70 年代, 仓储的注意力主要集中在新技术的应用上, 在寻求更好的方法来代替传统的手工操作。该时期出现了许多新的储存和搬运技术、工艺, 而伴随技术水平的提高又影响到了仓储管理的每一个环节。在 80 年代到 90 年代, 由于工业化水平的提高, 仓储系统搬运技术的机械化、自动化得到很大发展。90 年代以后, 由于计算机技术和网络技术的发展, 全球化信息网和全球化市场的逐步形成, 仓库成了企业采购 B2B 的信息集结点, 成了企业生产 JIT 的保障, 成为企业现代化和流通现代化的重要组成部分。同时, 自动识别技术、自动化技术及其装备的高质、低价的发展进程, 又有力地推动了仓储设备的自动化与网络化, 为实现各种全自动的物料搬运系统创造了条件。这些都使得仓库的灵活性得到加强, 使得仓库能够对市场的变化和顾客的个性化要求做出迅速反应。

当前仓储技术与设备的发展趋势体现在如下几个方面。

### 1. 信息网络化

仓储信息网络是一个利用现代信息技术、数学和管理科学方法对仓储信息进行收集、加工、存储、分析和交换的人机综合系统。

随着计算机技术和通信技术的发展以及全球信息网络的建立, 仓储的信息化水平也将得到进一步发展。信息技术将不仅用于处理仓储的管理, 还能与各种储运设备的控制连在一起, 实现仓储管理、设备控制的一体化, 从而将仓储系统的快速反应能力提高到一个更高、更准的水平。

通过网络技术将电子数据交换 (EDI)、电子订货系统